

STUDI PENGGUNAAN ASBUTON PADA CAMPURAN ASPAL PANAS ASPHALT CONCRETE-WEARING COURSE (AC-WC)

*Teguh Muhammad Assiddiqie¹, Ade Rizki Nurmayadi¹, Dicky Nurmayadi¹

¹Fakultas Teknik, Universitas Perjuangan, Kota Tasikmalaya, Indonesia

*)Penulis korespondensi: Teguh Muhammad Assiddiqie (2003020015@unper.ac.id)

Received: 29 Januari 2025 Revised: 16 April 2025 Accepted: 16 April 2025

Abstract— Based on the Regulation of the Minister of PUPR No.18/PRT/M/2018 concerning the use of buton asphalt for road construction and preservation, further research was carried out to understand the characteristics of the Asphalt Concrete - Wearing Course (AC-WC) mixture. This study used Asbuton LGA type 50/30 with percentages of 3%, 6%, and 9% of the total weight of the mixture. There are a total of 42 test pieces, consisting of 30 for PKAO and 12 for KAO. The results showed that the mixture of AC-WC with 3% Asbuton LGA produced KAO of 5.7%, VIM Value 3.77%, VMA Value 14.96%, VFB Value 74.79%, Marshall Stability Value 1,366 Kg, Flow Value 3.15 mm, Marshall Quetient Value (MQ) 434 Kg/mm, and Immersion Value 90.33%. With the addition of 6% Asbuton LGA, KAO becomes 6%, VIM Value 4.87%, VMA Value 15.21%, VFB Value 67.97%, Marshall Stability Value 1,567 Kg, Flow Value 3.60 mm, MQ Value 435 Kg/mm, and Immersion Value 91.23%. The addition of 9% of Asbuton LGA resulted in a KAO of 6.3%, a VIM value of 7.11%, a VMA value of 18.43%, a VFB value of 61.43%, a Marshall Stability Value of 2,250 Kg, a Flow Value of 4.90 mm, an MQ Value of 459 Kg/mm, and an Immersion Value of 54.85%. The percentage of LGA Asbutone of 6% in the AC-WC mixture showed an increase in the Marshall stability value and Marshall immersion.

Keywords — Asphalt Concrete – Wearing Course (AC-WC), Asbuton Lawele Granullar Asphalt (LGA), Marshall Test, Marshall Immersion, Marshall Quotient (MQ)

Abstrak— Berdasarkan Peraturan Menteri PUPR No.18/PRT/M/2018 mengenai penggunaan aspal buton untuk pembangunan dan preservasi jalan, dilakukan penelitian lanjutan untuk memahami karakteristik campuran Asphalt Concrete - Wearing Course (AC-WC). Penelitian ini menggunakan Asbuton LGA tipe 50/30 dengan persentase 3%, 6%, dan 9% dari total berat campuran. Total terdapat 42 benda uji, terdiri dari 30 untuk PKAO dan 12 untuk KAO. Hasil penelitian menunjukkan bahwa campuran AC-WC dengan 3% Asbuton LGA menghasilkan KAO sebesar 5,7%, Nilai VIM 3,77%, Nilai VMA 14,96%, Nilai VFB 74,79%, Nilai Stabilitas Marshall 1.366 Kg, Nilai Flow 3,15 mm, Nilai Marshall Quetient (MQ) 434 Kg/mm, dan Nilai Immersion 90,33%. Dengan penambahan 6% Asbuton LGA, KAO menjadi 6%, Nilai VIM 4,87%, Nilai VMA 15,21%, Nilai VFB 67,97%, Nilai Stabilitas Marshall 1.567 Kg, Nilai Flow 3,60 mm, Nilai MQ 435 Kg/mm, dan Nilai Immersion 91,23%. Penambahan 9% Asbuton LGA menghasilkan KAO sebesar 6,3%, Nilai VIM 7,11%, Nilai VMA 18,43%, Nilai VFB 61,43%, Nilai Stabilitas Marshall 2.250 Kg, Nilai Flow 4,90 mm, Nilai MQ 459 Kg/mm, dan Nilai Immersion 54,85%. Persentase Asbuton LGA sebesar 6% pada campuran AC-WC menunjukkan peningkatan nilai stabilitas Marshall dan perendaman Marshall.

Kata kunci — Asphalt Concrete – Wearing Course (AC-WC). Asbuton Lawele Granullar Asphalt (LGA), Marshall Test, Marshall Perendaman, Marshall Quotient (MQ)

1. PENDAHULUAN

Jalan merupakan sarana transportasi yang mempunyai dampak langsung terhadap mobilitas penduduk, konektivitas antar wilayah, perekonomian, kesehatan, pendidikan, serta pembangunan kehidupan berbangsa dan bernegara. Jalan mempunyai peranan penting dalam membina persatuan dan kesatuan bangsa serta memajukan kesejahteraan umum, sebagaimana dimaksud dalam Pembukaan Undang-undang tersebut. Pada Tahun 1945, Negara Republik Indonesia didirikan. Dalam kaitannya dengan keterbukaan penyelenggaraan jalan, jalan umum diyakini akan menjadi tulang punggung perekonomian dan mempercepat pembangunan jalan dan perseorangan sesuai asas dasar penyelenggaraan jalan yang diamanatkan dalam Peraturan Pemerintah Nomor 38 Tahun 2004 dan Peraturan Pemerintah Nomor 34 Tahun 2006 tentang Jalan.

Secara umum perkerasan jalan di Indonesia terbagi menjadi dua kategori yaitu perkerasan kaku beton dan perkerasan lentur aspal (Lendra et al., 2022). Di Pulau Buton wilayah Sulawesi Tenggara, terdapat asbuton biasa yang dikenal dengan nama asbuton yang mulai diproduksi sekitar Tahun 1926. Produk asbuton hingga Tahun 1987 masih berupa asbuton butiran tradisional dengan ukuran butiran tertinggi 12,5 mm, tempat diadakannya pameran aspal yang menggunakan bahan asbuton menunjukkan butiran asbuton tidak enak, sehingga pada Tahun 1987 pengembangan Asbuton pada dasarnya dihentikan. Pada pertengahan Tahun 1990-an baru-baru ini, butiran asbuton dengan ukuran butiran paling ekstrim yang lebih kecil diproduksi lagi, dengan pengiriman yang dikemas dalam kemasan plastik tahan air, yang digunakan untuk campuran aspal panas dan dingin.

Sebagai alternatif pengganti aspal minyak impor, Indonesia memiliki sumber aspal alam yang dikenal sebagai Aspal Buton (Giroth et al., 2019). Untuk mendukung program pemerintah, telah diterbitkan Peraturan Menteri PUPR No. 18/PRT/M/2018 mengenai penggunaan Aspal Buton dalam pembangunan dan pemeliharaan jalan. Pemerintah Daerah diharapkan memprioritaskan penggunaan Aspal Buton dengan memperhatikan standar teknis yang berlaku. Teknologi Aspal Buton terus dikembangkan untuk meningkatkan kualitas dan teknik penghampirannya. Saat ini, produk Aspal Buton yang tersedia meliputi Asbuton Pra Campur (Rendra & Mudjanarko, 2019), Asbuton Granular (Asbuton Butir B 5/20, Asbuton Butir B 50/30) (Kafabihi & Wedyantadji, 2020), *Asbuton full ekstraksi* (Sumiati et al., 2019), dan *Cold Paving Hotmix* Asbuton (CPHMA) (Pinangkaan et al., 2022; Rifai et al., 2023). Oleh karena itu, dalam penelitian ini akan dilakukan penelitian Penggunaan Asbuton Pada Campuran Aspal Panas *Asphalt Concrete-Wearing Course* (AC-WC).

2. METODE

Peneliti menggunakan metode eksperimen di laboratorium dengan dasar sistem pencampuran aspal panas dengan sistem gradasi *Asphalt Concrete-Wearing Course* (AC-WC) yang mengacu pada panduan Spesifikasi Umum Bina Marga Tahun 2018 Revisi 2 Divisi 6 Perkerasan Aspal (Asyiah et al., 2021; N. E. Putra et al., 2022; Rohma et al., 2023). Campuran AC-WC menggunakan jenis agregat lokal hasil produksi PT. Trie Mukty Pertama Putra berasal dari Kecamatan Cisit, Kabupaten Sumedang, Jawa Barat. Agregat yang digunakan terdiri dari agregat kasar berupa batu gunung, agregat halus berupa abu batu, dan *filler*. Bahan pengikat yang digunakan adalah aspal minyak yang diproduksi oleh PT. Pertamina (Persero) dan Asbuton *Lawele Granullar Asphalt* (Tipe LGA 50/30) dari PT. Ketahanan Aspal Nasional.



Gambar 1 Material Asbuton tipe LGA 50/30

Jumlah benda uji disesuaikan dengan kebutuhan penelitian dan dapat dilihat dalam Tabel 1 untuk setiap variasi yang direncanakan:

Tabel 1 Sampel dan Benda Uji

Jenis Pengujian	Kadar Aspal (%)					Sub Total
	4.5	5	5.5	6	6.5	
Rencana jumlah benda uji untuk penentuan KAO LGA 50/30						
Uji Marshall						
Asb 3%	2	2	2	2	2	10
Asb 6%	2	2	2	2	2	10
Asb 9%	2	2	2	2	2	10
Rencana jumlah benda uji untuk KAO LGA 50/30						
Uji Marshall	Kadar Aspal (%)			Optimum	Retained	
Asb 3%	5,7			2	2	4
Asb 6%	6			2	2	4
Asb 9%	6,3			2	2	4
Total						42

Tahapan penelitian ini terdiri dari studi literatur, identifikasi awal mengenai kondisi asbuton butir, pengumpulan data, uji laboratorium untuk mengetahui karakteristik sampel asbuton butir, modifikasi campuran perkerasan dengan material asbuton butir agar memenuhi spesifikasi teknis dengan penambahan agregat dan aspal minyak ex-Pertamina, uji campuran dan analisis harga biaya. Selanjutnya, hasil akhir dari analisis ini adalah mencari campuran optimal antara kinerja teknis dan biaya sesuai dengan spesifikasi teknis yang berlaku. Analisis data dilakukan terkait dengan persentase asbuton butir yang dapat digunakan setelah uji coba campuran beraspal panas. Berikut adalah analisis data:

1. Proses pengolahan dan analisis sebagai berikut:
 - a. Pemeriksaan karakteristik material ini dilakukan untuk memastikan bahan yang akan digunakan sesuai dengan spesifikasi yang ditentukan. Pemeriksaan material melibatkan pemeriksaan karakteristik asbuton butir tipe LGA 50/30, agregat lokal Ex.Cinangsih, dan pemeriksaan aspal minyak PT. Pertamina.
 - b. Melakukan pengujian dan metode pengujian agregat kasar, abu batu, serta *filler* yang diperoleh hasil produksi PT. Tabel berikut menunjukkan Trie Mukty Pertama Putra sebagai subjek penelitian dan metode penelitian yang akan digunakan Tabel 2.

Tabel 2 Metode Pengujian Agregat Lokal Ex. Cinangsih

Uraian	Metode Pengujian
Analisa Saringan Agregat Halus dan Agregat Kasar (Dermawan et al., 2022)	SNI 03-1968-1990
Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar atau Agregat Halus (Abdillah & Muhabbah, 2019; Van Gobel, 2019)	SNI 03-1970-1990

- a. Melakukan uji fisik aspal pen 60-70 (Al Mahbubi, 2019) Ex. Pertamina mengevaluasi kinerja aspal yang digunakan sesuai standar yang ditetapkan.
- b. Hasil pengujian sifat fisik aspal buton butir tipe LGA 50/30 (Talamati & Lestari, 2023) sesuai Tabel 3 yang diperoleh dari UPT Laboratorium dan Pengujian Bahan.

Tabel 3 Hasil Karakteristik Asbuton tipe LGA 50/30

No	Pengujian	Hasil	Sat.	Spesifikasi
1	Kadar Bitumen	26,40	%	Min 20
	Analisa Saringan Agregat Kasar dan Halus :			
	3/4"	100		
	1/2"	100		
	3/8"	100		
2	NO. 4	100		
	NO. 8	100	%	100

No	Pengujian	Hasil	Sat.	Spesifikasi
	NO. 16	100		
	NO. 30	11,40		
	NO. 50	32,60		
	NO. 100	49,20		
	NO. 200	73,30		
3	Kadar Air	3,2	%	Maks. 4

- Melakukan gradasi pada agregat kasar dan agregat halus sesuai jumlah dan ukuran yang ditentukan untuk memenuhi amplop gradasi sesuai dengan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 (F. Y. E. Putra, 2020).
- Komposisi rencana campuran aspal AC-WC Asbuton dengan kadar aspal 4.5% ditunjukkan dalam Tabel 4, dengan total berat campuran 1100gram untuk benda uji.

Tabel 4 Rancangan Komposisi Campuran AC-WC Asbuton 3% Aspal 4,5%

Uraian	Individual (%)	Kumulatif (gram)
Split	11%	121
Screening	28%	308
Abu Batu	59%	649
Filler	2%	22
Asbuton50/30	3%	33
Aspal Pen 60/70	4,5%	53

- Pembuatan benda uji dilakukan setelah mendapatkan kadar aspal optimum (KAO). Lakukan uji *Marshall Test* untuk menentukan stabilitas, kelelahan, *Marshall Quetient* (MQ), VFA, VIM, dan VMA (Rachman et al., 2022).
- Pengujian teknis yang telah melewati perendaman dengan suhu ruangan selama 24 jam. Setelah semua periode perendaman masing-masing benda uji tercapai, benda uji di angkat dari bak perendaman kemudian dikeringkan menggunakan kain pada permukaannya saja agar kondisi kering permukaan jenuh (*saturated surface dry*, SSD), kemudian ditimbang dan dilakukan pengujian *Marshall Test*.

Sebelum membuat benda uji, periksa apakah material yang akan digunakan sesuai dengan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 (Rasul & Sari, 2022).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Pengujian Agregat

Peneliti menggunakan bahan agregat dari PT. Trie Mukti Permata terdiri dari agregat kasar dan halus. Hasil uji berat jenis dan penyerapan air terhadap agregat telah diperiksa sesuai dengan spesifikasi SNI 03-1970-1990. Berikut ini adalah tabel yang menyajikan hasil pemeriksaan tersebut:

1. Agregat Kasar/ BJ Batu Split

Hasil berat jenis semu (apparent) menunjukkan nilai rata-rata sebesar 2,742 yang telah memenuhi spesifikasi teknis yaitu lebih dari 2,50. Oleh karena itu, status pengujian ini dinyatakan OK, menunjukkan bahwa agregat memiliki densitas padatan yang cukup tinggi dan sesuai standar. Untuk pengujian penyerapan air (absorpsi), diperoleh hasil rata-rata sebesar 1,565%, yang masih berada di bawah batas maksimum yang ditetapkan, yaitu 3%. Dengan demikian, nilai ini juga masuk dalam kategori OK, menandakan bahwa agregat memiliki daya serap yang rendah, cocok untuk menjaga kestabilan campuran aspal sesuai Tabel 5.

Tabel 5 Perhitungan Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar

Jenis Pengujian	Hasil			Spec	Status
	I	II	Average		
Berat jenis <i>Bulk</i>	2,629	2,628	2,629		
Berat jenis kering permukaan jenuh	2,677	2,663	2,670		
Berat jenis semu (<i>Apparent</i>)	2,761	2,723	2,742	> 2,50	OK
Penyerapan (Absorpsi)	1,813	1,316	1,565	< 3 %	OK

2. Agregat Kasar/ BJ Batu Skринing

Nilai berat jenis semu (*apparent*) mencapai 2,515, melebihi batas spesifikasi minimum sebesar 2,50. Hal ini menunjukkan bahwa agregat memiliki densitas padatan yang baik, sehingga status pengujian ini dinyatakan OK. Untuk uji penyerapan air (*absorpsi*), diperoleh hasil sebesar 1,892%, yang masih berada di bawah ambang batas maksimal 3%, sesuai dengan standar teknis. Oleh karena itu, nilai ini juga dinyatakan OK, menandakan agregat memiliki daya serap air yang masih dalam batas wajar sesuai Tabel 6.

Tabel 6 Perhitungan Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar

Jenis Pengujian	Hasil		Spec	Status
	I	Average		
Berat jenis Bulk	2,401	2,401		
Berat jenis kering permukaan jenuh	2,446	2,446		
Berat jenis semu (<i>Apparent</i>)	2,515	2,515	> 2,50	OK
Penyerapan (Absorpsi)	1,892	1,892	< 3 %	OK

3. Agregat Halus/ BJ Abu Batu

Hasil berat jenis semu (*apparent*) menunjukkan hasil 2,783, yang telah melampaui batas spesifikasi minimal yaitu > 2,50. Hal ini menunjukkan bahwa agregat memiliki kerapatan padatan yang tinggi dan sesuai dengan standar teknis, sehingga hasil pengujian ini dinyatakan OK. Untuk pengujian penyerapan air (*absorpsi*), nilai yang diperoleh sebesar 2,902%, masih berada di bawah batas maksimum 3% yang diperbolehkan. Oleh karena itu, nilai ini juga dinyatakan OK, mengindikasikan bahwa agregat memiliki daya serap air yang masih dalam batas wajar dan aman digunakan dalam campuran aspal atau beton sesuai Tabel 7.

Tabel 7 Perhitungan Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus

Jenis Pengujian	Hasil		Spec	Status
	I	Average		
Berat jenis <i>Bulk</i>	2,575	2,575		
Berat jenis kering permukaan jenuh	2,650	2,650		
Berat jenis semu (<i>Apparent</i>)	2,783	2,783	> 2,50	OK
Penyerapan (Absorpsi)	2,902	2,902	< 3 %	OK

3.2 Hasil Extrasi Asbuton LGA 50/30

Asbuton B 50/30 memiliki kadar bitumen minimal sekitar 20%. Jenis asbuton ini diproses dari tambang Lawele dan digranulasi menjadi butiran dengan spesifikasi tertentu. Dalam hasil pengujian membutuhkan waktu 1 hari.

Tabel 8 Hasil Pemeriksaan Extrasi Asbuton

NO	URAIAN	SAT	PENGUJIAN I	Rata - rata
1	Berat contoh sebelum ekstraksi	gram	100,00	
2	Berat contoh sesudah ekstraksi	gram	73,30	
3	Berat penyaring sebelum ekstraksi	gram	4,70	
4	Berat total agregat (2 - 3)	gram	73,60	
5	Berat aspal (1 - 4)	gram	26,40	
6	% Mineral (4/1*100)	%	73,60	
7	% aspal / Kadar aspal (5/1*100)	%	26,40	26,40

Dari Tabel 8 didapatkan bahwa asbuton B 50/30 memiliki kadar bitumen Kandungan Aspal Asbuton 26,4. Sisa 73,6 Tersebut *Filler* dalam hasil pengujian extrasi tersebut masih dibawah minimal dikarenakan beberapa faktor seperti Kualitas Bahan Baku, Proses Ekstraksi, Kontaminasi dan Salah Pengukuran.

Berdasarkan hasil analisis saringan agregat halus sesuai Tabel 9, diketahui bahwa sebagian besar material lolos dari saringan kasar dan tertahan pada saringan halus. Pada saringan 0,6 mm (No.30), terdapat 11,40 gram agregat yang tertahan, yang setara dengan 15,49%, menunjukkan bahwa sebanyak 84,51% material lolos dari saringan ini. Selanjutnya, pada saringan 0,3 mm (No.50), agregat yang tertahan meningkat menjadi 32,60 gram atau 44,29%, dan yang lolos sebesar 55,71%. Peningkatan ini menandakan bahwa proporsi terbesar agregat berada di kisaran ukuran ini. Kemudian, pada saringan 0,15 mm (No.100), berat tertahan mencapai 49,20 gram atau 66,85%, dengan material yang lolos sebesar 33,15%. Ini menunjukkan distribusi agregat semakin halus. Pada saringan paling halus, yaitu 0,075 mm (No.200), berat tertahan tercatat sebesar 73,30 gram, yang merupakan 99,59% dari total berat contoh, dengan hanya 0,41% material yang lolos. Hal ini menunjukkan bahwa mayoritas agregat memiliki ukuran partikel yang sangat kecil, cenderung mendekati debu mineral. Dengan berat total contoh sebesar 73,60 gram, distribusi ini menunjukkan bahwa material yang diuji didominasi oleh partikel-partikel halus yang penting untuk dinilai lebih lanjut dalam kaitannya dengan gradasi agregat dan pengaruhnya terhadap stabilitas dan kepadatan campuran aspal atau beton.

Tabel 9 Hasil Analisa Asbuton

Ukuran Saringan		Berat tertahan	Persen	Persen	Berat tertahan
mm	Inch	(gram)	Tertahan	Lolos	(gram)
37,5	1 1/2				
25,4	1				
19,1	3/4				
12,7	1/2				
9,4	3/8				
4,75	No.4				
2,36	No.8				
1,18	No.16				
0,6	No.30	11,40	15,49	84,51	9,20
0,3	No.50	32,60	44,29	55,71	13,10
0,15	No.100	49,20	66,85	33,15	34,00
0,075	No.200	73,30	99,59	0,41	68,10
Berat contoh		73,60			0,00

Dari masing-masing hasil analisa saringan agregat dan extrasi asbuton didapat *resume* keseluruhan analisa saringan yang disajikan dalam bentuk tabel gabungan analisa saringan sesuai tabel 10, 11 dan 12.

3.3 Hasil Gradasi Gabungan Agregat

Tabel 10 Percobaan Penambah Asb 3%

Uraian		Ukuran saringan											
Inc		1.5"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	# 4	# 8	# 16	# 30	# 50	# 100	# 200
Mm		37,5	25,4	19,1	12,7	9,4	4,75	2,36	1,18	0,6	0,3	0,15	0,075
Combinasi agregat													
1. Split	11,0%	11,00	11,00	11,00	1,30	0,31	0,01						
2. Screening	28,0%	28,00	28,00	28,00	28,00	23,97	0,42						

3. Abu Batu		59,0%	59,00	59,00	59,00	59,00	59,00	59,00	50,84	33,13	24,97	21,76	9,41	5,26	2,54
4. Filler Semen		2,0%	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
		100%													
Total campuran			100	100	100	90,30	85,28	53,28	35,13	26,97	23,76	11,41	7,26	4,54	
Spesifikasi agregat															
Aggregat Hot Bin			100	100	100	90,30	85,28	53,28	35,13	26,97	23,76	11,41	7,26	4,54	
Mineral Asbuton		3%	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,54	1,67	0,99	0,01	
Total Agregat+Mineral			100	100	100	90,30	85,28	53,28	35,13	26,97	26,30	13,08	8,25	4,55	
max			100	100	100	100	90	69	53	40	30	22	15	9	
min			100	100	100	90	77	53	33	21	14	9	6	4	

Kadar Aspal Perkiraan (P_b) $P_b = 0.035 (\%CA) + 0.045 (\%FA) + 0.18 (\%FF) + \text{Konstanta}$
 $P_b = (0,035 * (100 - 35,15)) + (0,045 * (35,15 - 4,55)) + (0,18 * 4,55) + (1)$
 $P_b = 5,47\%$

Tabel 11 Percobaan Penambahan Asb 6%

Uraian	Ukuran saringan												
	1.5"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	# 4	# 8	# 16	# 30	# 50	# 100	# 200	
Mm	37,5	25,4	19,1	12,7	9,4	4,75	2,36	1,18	0,6	0,3	0,15	0,075	
Combinasi agregat													
1. Split	11,0%	11,00	11,00	11,00	1,30	0,31	0,01						
2. Screening	28,0%	28,00	28,00	28,00	28,00	23,97	0,42						
3. Abu Batu	59,0%	59,00	59,00	59,00	59,00	59,00	50,84	33,13	24,97	21,76	9,41	5,26	2,54
4. Filler Semen	2,0%	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
	100%												
Total campuran		100	100	100	90,30	85,28	53,28	35,13	26,97	23,76	11,41	7,26	4,54
Spesifikasi agregat													
Aggregat Hot Bin		100	100	100	90,30	85,28	53,28	35,13	26,97	23,76	11,41	7,26	4,54
Mineral Asbuton	6%	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,07	3,34	1,99	0,02
Total Agregat+Mineral		100	100	100	90,30	85,28	53,28	35,13	26,97	28,83	14,75	9,25	4,57
max		100	100	100	100	90	69	53	40	30	22	15	9
min		100	100	100	90	77	53	33	21	14	9	6	4

Kadar Aspal Perkiraan (P_b) $P_b = 0.035 (\%CA) + 0.045 (\%FA) + 0.18 (\%FF) + \text{Konstanta}$
 $P_b = (0,035 * (100 - 35,13)) + (0,045 * (35,13 - 4,57)) + (0,18 * 4,57) + (1)$
 $P_b = 5,47\%$

Tabel 12 Percobaan Penambahan Asb 9%

Uraian		Ukuran saringan											
Inc		1.5"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	# 4	# 8	# 16	# 30	# 50	# 100	# 200
Mm		37,5	25,4	19,1	12,7	9,4	4,75	2,36	1,18	0,6	0,3	0,15	0,075
Combinasi agregat													
1. Split	11,0%	11,00	11,00	11,00	1,30	0,31	0,01						
2. Screening	28,0%	28,00	28,00	28,00	28,00	23,97	0,42						
3. Abu Batu	59,0%	59,00	59,00	59,00	59,00	59,00	50,84	33,13	24,97	21,76	9,41	5,26	2,54
4. Filler Semen	2,0%	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
	100%												
Total campuran		100	100	100	90,30	85,28	53,28	35,13	26,97	23,76	11,41	7,26	4,54
Spesifikasi agregat													
Aggregat Hot Bin		100	100	100	90,30	85,28	53,28	35,13	26,97	23,76	11,41	7,26	4,54
Mineral Asbuton	9%	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7,61	5,01	2,98	0,04
Total Agregat+Mineral		100	100	100	90,30	85,28	53,28	35,13	26,97	31,37	16,42	10,24	4,58
max		100	100	100	100	90	69	53	40	30	22	15	9
min		100	100	100	90	77	53	33	21	14	9	6	4

Kadar Aspal Perkiraan (P_b) $P_b = 0.035 (\%CA) + 0.045 (\%FA) + 0.18 (\%FF) + \text{Konstanta}$

$$P_b = (0,035 * (100 - 35,13)) + (0,045 * (35,13 - 4,58)) + (0,18 * 4,58) + (1)$$

$$P_b = 5,47\%$$

3.4 Data Hasil Uji Marshall KAO AC – WC Asb 50/30



Gambar 2 Kadar aspal Optimum Untuk Masing-Masing Campuran AC-WC dengan Kadar Asbuton Butir Tipe 50/30: 3%, 6%, dan 9%

Pada campuran dengan asbuton butir tipe 50/30 kadar 3% Kadar Aspal Optimum (KAO) adalah 5,7%, kadar 6% Kadar Aspal Optimum (KAO) adalah 5,9%. Sedangkan pada campuran dengan asbuton butir tipe 50/30 dan kadar 9%, Kadar Aspal Optimum (KAO) sebesar 6,3%. Gambar 2 menunjukkan hasil penentuan Kadar Aspal Optimum menggunakan Metode "Bar-Chart" untuk campuran beraspal panas AC-WC dengan aspal 60/70 dan Asbuton Butir Tipe 50/30.

3.5 Hasil Data Uji Marshall (KAO) AC-WC

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan Stabilitas, Kelelehan (*Flow*), *Marshall Quotient* (MQ), *Voids Filled with Asphalt* (VFA), *Voids in the Mineral Aggregate* (VIM), dan *Voids in the Mineral Aggregate* (VMA) pada Kadar Aspal Optimum (KAO). Sebelum menentukan KAO, campuran direndam dalam *water bath* pada suhu 60 °C selama 30 menit, kemudian direndam selama 30 menit lagi, sehingga total waktu rendam adalah 60 menit. Hasil Uji Marshall terhadap Kadar Aspal Optimum (KAO) dapat dilihat dalam Tabel 13, 14, dan 15.

Tabel 13 Hasil Uji Marshall terhadap Kadar Aspal Optimum (KAO) AC-WC Asbuton 3%

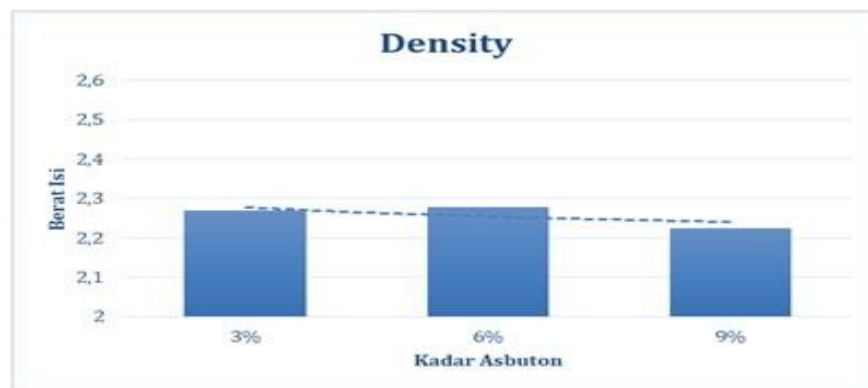
Karakteristik Marshall Campuran Beraspal	Stabilitas (kg)	Flow (mm)	MQ (kg/mm)	VIM (%)	VMA (%)	VFB (%)
Spesifikasi	Min	1000	2	3,0	15	65
	Mak	-	4	5,0	-	-
5,7	1286	3.00	434	4,14	15,69	73.63
	1446	3.30				
Rata - rata	1366	3.15				

Tabel 14 Hasil Uji Marshall terhadap Kadar Aspal Optimum (KAO) AC-WC Asbuton 6%

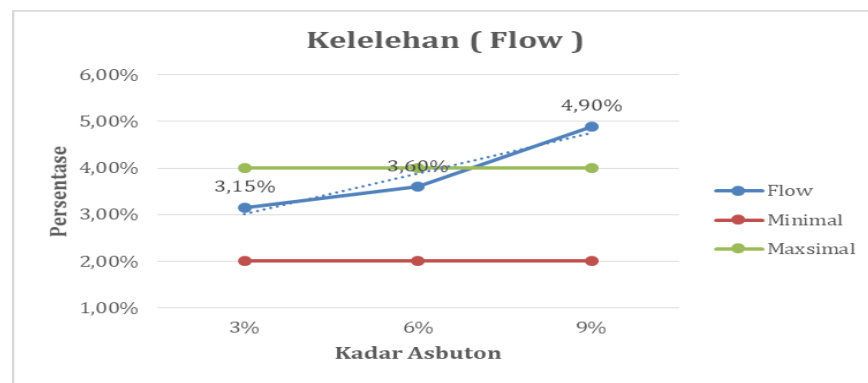
Karakteristik Marshall Campuran Beraspal	Stabilitas (kg)	Flow (mm)	MQ (kg/mm)	VIM (%)	VMA (%)	VFB (%)
Spesifikasi	Min	1000	2	3,0	15	65
	Mak	-	4	5,0	-	-
6,0	1607	3.50	435	4,38	15,64	68.67
	1527	3.70				
Rata - rata	1567	3.60				

Tabel 15 Hasil Uji Marshall terhadap Kadar Aspal Optimum (KAO) AC-WC Asbuton 9%

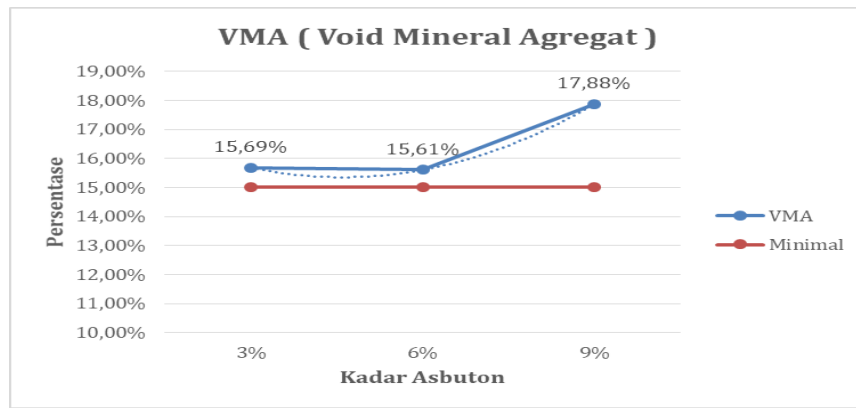
Karakteristik Marshall Campuran Beraspal	Stabilitas(kg)	Flow(mm)	MQ (kg/mm)	VIM(%)	VMA(%)	VBA(%)
Spesifikasi	Min	1000	2	3,0	15	65
	Mak	-	4	5,0	-	-
6,3	2223	5,00	459	6,03	17,88	66.28
	2277	4,80				
Rata - rata	2250	4.90				



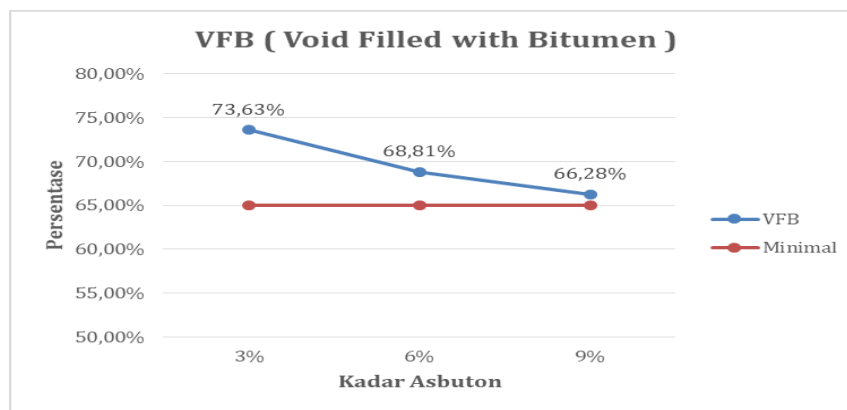
Gambar 3 Kepadatan Campuran AC-WC pada variasi kadar asbuton butir: 7%, 8%, dan 9%



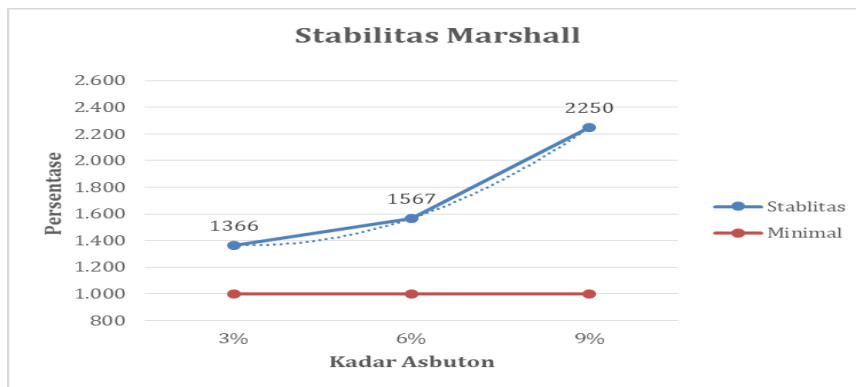
Gambar 4 Hubungan Antara Kadar aspal - Flow kondisi KAO dengan beberapa Variasi Asbuton Tipe LGA 50/30



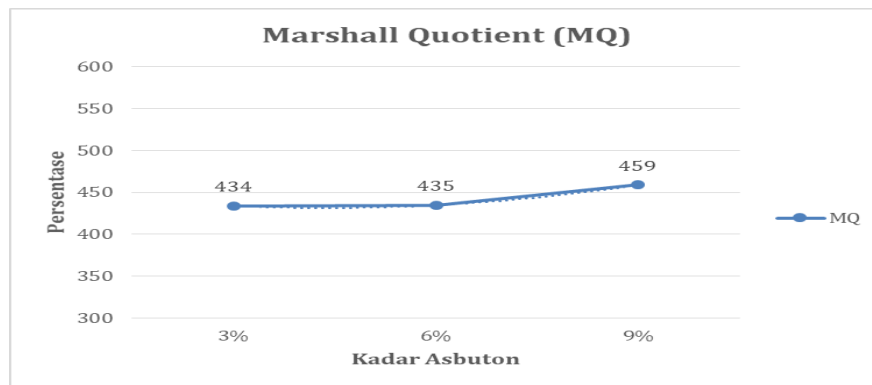
Gambar 5 Hubungan Antara Kadar aspal - VMA pada Variasi Kadar Asbuton Tipe LGA 50/30



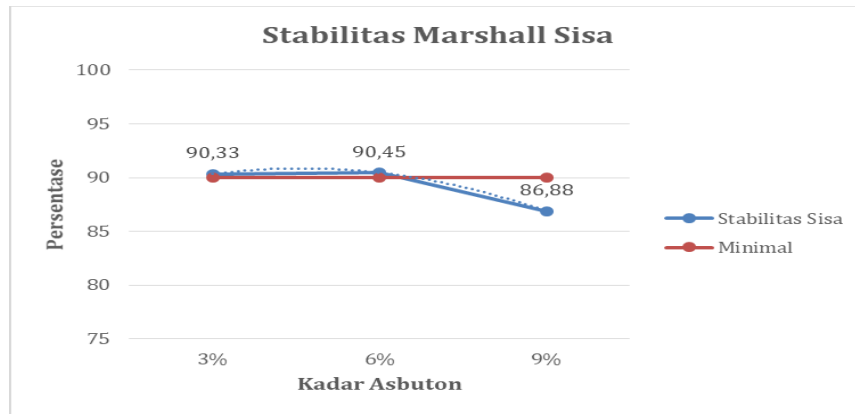
Gambar 6 Hubungan Antara Kadar aspal - VFB pada Variasi Kadar Asbuton Tipe LGA 50/30 : 7%, 8% dan 9%



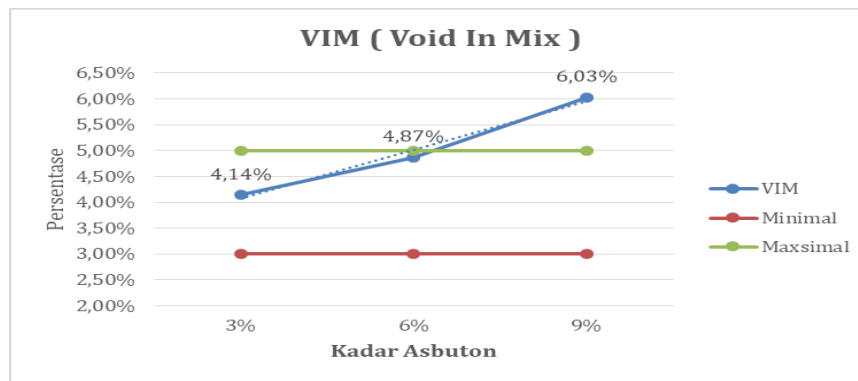
Gambar 7 Hubungan Antara Kadar aspal – Stabilitas kondisi KAO dengan beberapa Variasi Asbuton Tipe LGA 50/30



Gambar 8 Hubungan Antara Kadar Aspal – MQ kondisi KAO dengan beberapa Variasi Kadar Asbuton Tipe LGA 50/30



Gambar 9 Hubungan Antara Kadar aspal – Stabilitas kondisi KAO dengan beberapa Variasi Asbuton Tipe LGA 50/30



Gambar 10 VIM Campuran AC-BC pada Variasi Kadar Asbuton Tipe LGA 50/30 : 7% , 8% dan 9%

Tabel 16 Rekapitulasi Hasil Uji Marshall terhadap Kadar Aspal Optimum (KAO) AC-WC Asbuton 3%, 6% dan 9%

Keterangan	Kadar Asbuton Butir tipe 50/30		
	3%	6%	9%
Kelebihan	1. Nilai VIM Lebih Kecil 4,14% 2. Nilai <i>Flow</i> Lebih Kecil 3,15% 3. Nilai KAO Kecil 5,7% 4. Kepadatan Besar 2,278	1. Nilai VIM Kecil 4,38% 2. Nilai VBA Sedang 68,67% 3. Nilai Marshall Questiont Kecil 434 mm	1. Stabilitas Lebih Tinggi 2250 Kg 2. Nilai VMA Lebih Tinggi 17,88% 3. Nilai VBA Lebih Kecil 66,28%
Kekurangan	1. Nilai VFB Lebih Tinggi 73,63% 2. Nilai Stabilitas Kecil 1366 Kg	1. Nilai VMA Kecil 15,61% 2. Nilai Kelelahan Kecil 3,60 mm	1. Nilai VIM Lebih Tinggi 6,03% 2. Nilai <i>Flow</i> Lebih Tinggi 4,90 mm 3. Nilai KAO Besar 6,3% 4. Kepadatan Lebih Kecil 2,225

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pemeriksaan dan analisa karakteristik campuran beraspal panas dengan kadar Asbuton. Karakteristik campuran beraspal panas dengan kadar Asbuton LGA adalah sebagai beriku : Rongga Dalam Campuran (VIM) 3% = 4,14%, 6% = 4,87% 9% = 6,03%. Rongga Terisi Aspal (VFB) 3% = 73,63%, 6% = 68,81%, LGA 9% = 66,28%. Rongga diantara agregat (VMA) 3% = 15,69%, 6% = 15,64%, 9% = 17,88%. Stabilitas *Marshall* LGA 3% = 1.336 Kg, 6% = 1.567 Kg, 9%= 2.250 Kg. Kelelahan Plastik (*Flow*) 3% = 3,15 mm, 6% = 3,60 mm, 9% = 4,90 mm. Nilai *Marshall Quetient* (MQ) 3% = 434 Kg/mm, 6% = 435 Kg/mm, 9% = 455 Kg/mm. Stabilitas Marshall Sisa 3% = 90,33%, 6 % = 90,45%, 9% = 86,88%.

Hasil kadar aspal optimum untuk campuran yang menggunakan Asbuton LGA tipe 50/30 dengan kadar 3% adalah sebesar 5,7%. Dengan kadar 6% Asbuton, kadar aspal optimum yang diperoleh adalah 6,0%. Pada Asbuton dengan kadar 9%, ditemukan kadar aspal optimum sebesar 6,3%.

Berdasarkan hasil pemeriksaan diperoleh kadar asbuton yang direkomendasikan untuk campuran yang memenuhi standar adalah sebagai berikut:

Kadar asbuton yang memenuhi standar:

- Campuran dengan kadar asbuton 3% dianggap memenuhi standar yang ditetapkan.
- Campuran dengan kadar asbuton 6% juga dianggap memenuhi standar yang ditetapkan.
- Kadar asbuton yang tidak memenuhi standar:
- Campuran dengan kadar asbuton 9% tidak memenuhi standar yang ditetapkan dikarenakan nilai Flow, VIM, Sisa Marshall dan pada analisis saringan gabungan pada saringan #30 tidak memenuhi standar.
- Dengan demikian, kadar asbuton yang direkomendasikan untuk campuran yang memenuhi standar adalah antara 3% dan 6%.

Kesimpulan menggambarkan jawaban dari hipotesis dan tujuan penelitian atau temuan ilmiah yang diperoleh. Kesimpulan bukan berisi perulangan dari hasil dan pembahasan, tetapi lebih kepada ringkasan hasil temuan seperti yang diharapkan ditujuan atau hipotesis. Bila perlu, dibagian akhir kesimpulan dapat juga dituliskan hal-hal yang akan dilakukan terkait dengan gagasan selanjutnya dari penelitian tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdillah, N., & Muhabbah, Z. (2019). Pemanfaatan Limbah Sandblasting Pasir Silika Sebagai Bahan Pengganti Agregat Halus Untuk Campuran Beton. *Jurnal Unitek*, 12(1), 10–16.
- Al Mahbubi, M. (2019). Studi Penggunaan Agregat Buatan Berbahan Dasar Fly Ash Pada Agregat Kasar Terhadap Perkerasan Lentur Untuk Pengurangan Penggunaan Agregat Alam. *Institut Teknologi Sepuluh Nopember*.
- Asyiah, S., Intari, D. E., Purnaditya, N. P., Bethary, R. T., Fathonah, W., & Anggini, N. (2021). Pengaruh Perendaman Cairan Kimia (Disinfeksi) Terhadap Karakteristik Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC). *Fondasi: Jurnal Teknik Sipil*, 10(2), 179–190.
- Dermawan, H., Olivia, M., & Djauhari, Z. (2022). Sifat Fisik dan Mekanis Beton Sekat Kanal High Volume Fly Ash (HVFA) di Lingkungan Gambut. *JURNAL TEKNIK*, 16(1), 23–31.
- Giroth, M. I., Sendow, T. K., & Palenewen, S. C. N. (2019). PERBANDINGAN KRITERIA MARSHALL PADA CAMPURAN ASPAL PANAS (AC-WC) YANG MENGGUNAKAN ASBUTON MODIFIKASI (RETONA BLEND) DENGAN ASPAL PENETRASI 60/70 (Studi Kasus: Penggunaan Material Agregat Dari Kema Sulawesi Utara). *Jurnal Sipil Statik*, 7(11), 1547–1556.
- Kafabihi, A., & Wedyantadji, B. (2020). Penggunaan aspal buton pada campuran AC-WC (asphalt concrete-wearing course). *Student Journal Gelagar*, 2(2), 36–44.
- Lendra, L., Gawei, A. B. P., & Sintani, L. (2022). Analisis Konsumsi Energi dan Emisi Gas Rumah Kaca Pada Pekerjaan Konstruksi Jalan Dengan Perkerasan Lentur dan Perkerasan Kaku. *Jurnal Reka Lingkungan*, 10(3), 201–211.
- Pinangkaan, V., Sompie, T. P. F., & Sudarno, S. (2022). Analisis Perbandingan Karakteristik antara AC-WC Asbuton dengan Cold Paving Hot Mix Asbuton (CPHMA). *Semesta Teknika*, 25(1), 60–70.
- Putra, F. Y. E. (2020). Pemanfaatan Limbah Polyethylene Terephthalate (PET) dengan Reclaimed Asphalt Pavement (RAP) Pada Pembuatan Laston WC. *Jurnal Rekats*, 8(5), 1–8.
- Putra, N. E., eka Putri, E., & Purnawan, P. (2022). DURABILITAS CAMPURAN LASTON AC-WC DI SUBSTITUSI CAMPURAN LIMBAH PLASTIK LDPE, PP, PS. *Jurnal Teknik Sipil*, 11(2), 141–147.
- Rachman, D. N., Riwayati, S., Sirait, D. R., & Arfan, M. (2022). Penambahan Fly Ash Batu Bara Pltu Sebagai Filler Aspal Ac Wc. *Bearing: Jurnal Penelitian Dan Kajian Teknik Sipil*, 7(4), 207–214.
- Rasul, R. F., & Sari, Y. A. (2022). Pengaruh Penambahan Limbah Serbuk PVC Pada Campuran Laston Lapis Aus. *Jurnal Ilmiah Rekayasa Sipil*, 19(2), 127–135.
- Rendra, A., & Mudjanarko, S. W. (2019). *Analisis Perbandingan Flexible Pavemenet As Buton Pra Campur dengan Plastik HDPE untuk Lapisan AC WC*. Narotama University Press.
- Rifai, A. I., Hafidh, M., Isradi, M., & Prasetijo, J. (2023). The ANALISIS KINERJA COLD PAVING HOT MIX ASBUTON DENGAN FILLER PORTLAND CEMENT TERHADAP INTENSITAS RENDAMAN. *Teknisia*, 28(1), 25–34.
- Rohma, I. W., Supriyanto, B., & Rahardjo, B. (2023). Analisis Kinerja Campuran Perkerasan Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC) Menggunakan Bahan Tambah Asbuton B 50/30 Terhadap Parameter Marshall. *Media Teknik Sipil*, 21(1), 32–38.
- Sumiati, S., Mahmuda, M., & Puryanto, P. (2019). Keunggulan asbuton pracampan dan aspal shell pada campuran aspal beton (AC-BC). *Jurnal Poli-Teknologi*, 18(1).



- Talamati, B. H., & Lestari, M. I. (2023). Pengaruh Kehilangan Gradasi Halus pada Spesifikasi Ream Pengujian Cantabro. *Jurnal Vokasi Sains Dan Teknologi*, 3(1), 1–6.
- Van Gobel, F. M. (2019). Nilai kuat tekan beton pada slump beton tertentu. *Radial*, 5(1), 22–33.